OPTIONS FOR MORE RESILIENT MUMBAI

Hirokazu Tatano
Disaster Prevention Research Institute
Kyoto University, Japan

What we have learned

- Disaster Risk
  = Hazard × Exposure × Vulnerability
- Structural measures and Non-structural
- Appropriate instruction of Structural Measures
  requests for Cost-Benefit Analysis
  -> Economic loss estimation of disruptions of transportation systems
- Nonstructural Measures are needed to increase resiliency of society
  We should know current situations.
  -> 1st round survey, 2nd round survey
  Working with people to enhance coping capacity of the communities.

Economic loss assessment

- In Mumbai, 3.5million of people commute every day by use of public transportation system.
- The railways and highways are also threatened by the flood risks.
- The systems could be malfunctioned and it may cause serious economic impacts.
- I will show a method to estimate economic loss caused by the disruption of a transportation system.

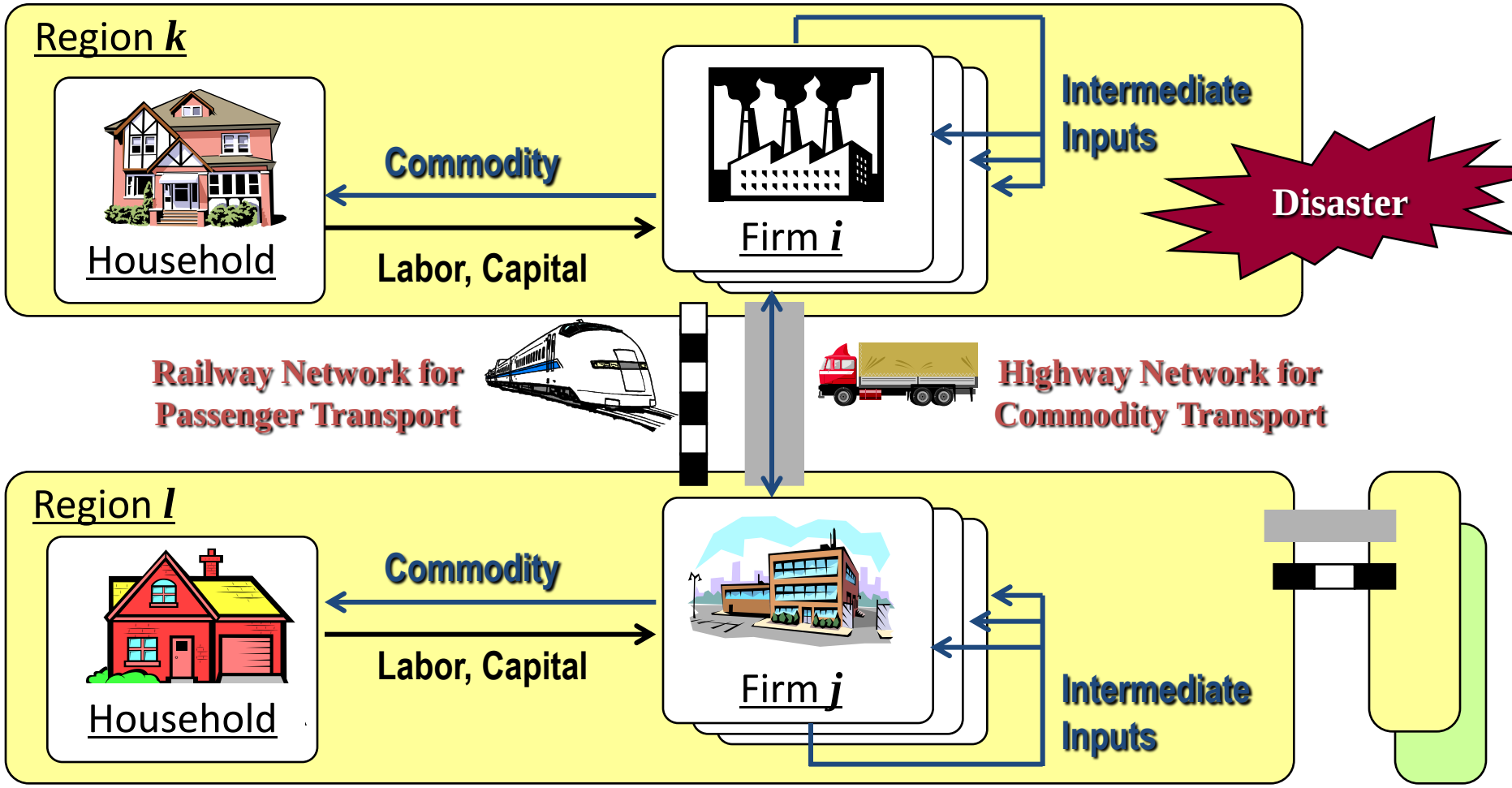
Objective

- Evaluating Interregional Transportation Network under Disaster Risk
  - Strongly Linking with Regional Economy
  - Impacts of Transportation Disruption
  - Countermeasures to Reduce Transport-related Losses
- Modeling Methodology
  - based on Spatial CGE Model
- This presentation covers;

  - Application for Tokai/To-Nankai Earthquake

京都大学防災研究所
総合防災研究部門 多々納裕一

System of Regional Economy: Sketch



京都大学防災研究所
総合防災研究部門 多々納裕一

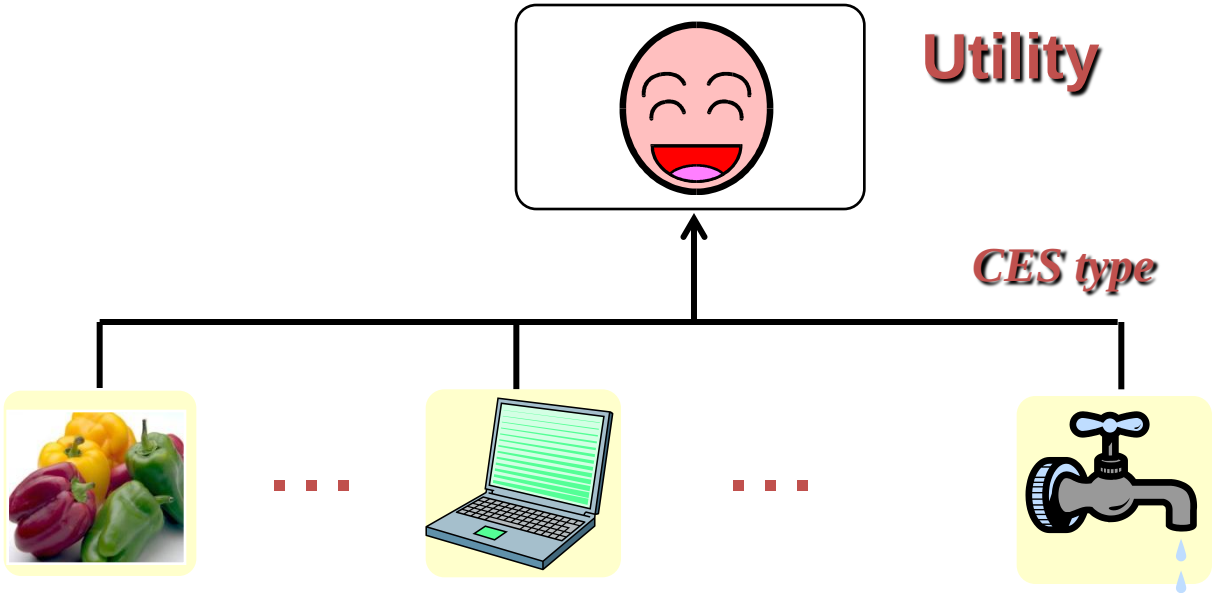
Property of Our Framework

- Movements of Labor and Capital are Restricted after a Disaster Occurs
  - One way to describe “Short-run” equilibrium
  - Comparing to Basic I-O Model (generally overestimated) and CGE Model (generally underestimated), Outputs of Our computation framework falls into between them.

- Business Trips as One of Important Input Factor for Production
  - Possible to deal with Two kinds of Inter-regional flow: Passenger trip and Commodity transport
  - Data? ‘Non-Household Expenditure’ in I-O table

京都大学防災研究所
総合防災研究部門 多々納裕一

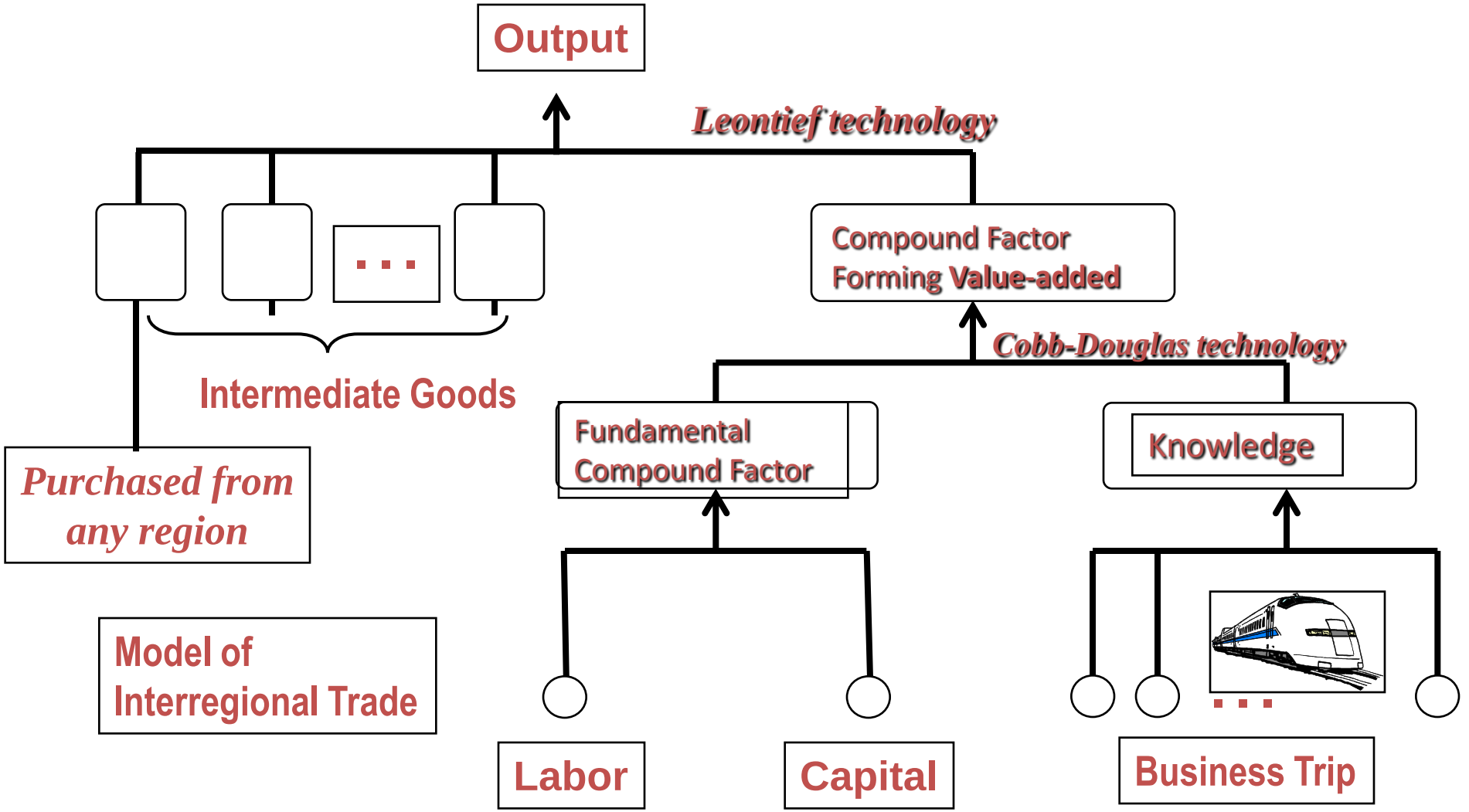
Structure of Household's Utility



$$U^k = \max\left[\sum_{i=1}^{M}(\gamma_i^k)^{\frac{1}{\sigma}}(d_i^k)^{1-\frac{1}{\sigma}}\right]^{\frac{\sigma}{\sigma-1}}$$

$$\text{subject to } \sum_{i=1}^{M} q_i^k d_i^k \le y^k = \sum_i (w^k L_i^k + rK_i^k)$$

Production Technology of Firms



京都大学防災研究所
総合防災研究部門 多々納裕一

Upper level:

$$\pi_i^k = \max \; p_i^k Q_i^k - \left\{ \sum_{j=1}^{M} q_j^k X_{ji}^k + c_{Vi}^k V_i^k \right\}$$

$$\text{subject to} \quad Q_i^k = \min \left\{ \frac{X_{1i}^k}{a_{1i}^k}, \cdots, \frac{X_{Mi}^k}{a_{Mi}^k}, \frac{V_i^k}{a_{vi}^k} \right\}$$

Middle level:

$$c_{Vi}^k V_i^k = \min \; w^k L_i^k + r K_i^k + c_{Ti}^k \kappa_i^k$$

$$\text{subject to} \quad V_i^k = \left\{ \left(L_i^k\right)^{\delta_{Li}^k} \left(K_i^k\right)^{\delta_{Ki}^k} \right\}^{1-\beta_i^k} \left(\kappa_i^k\right)^{\beta_i^k}$$

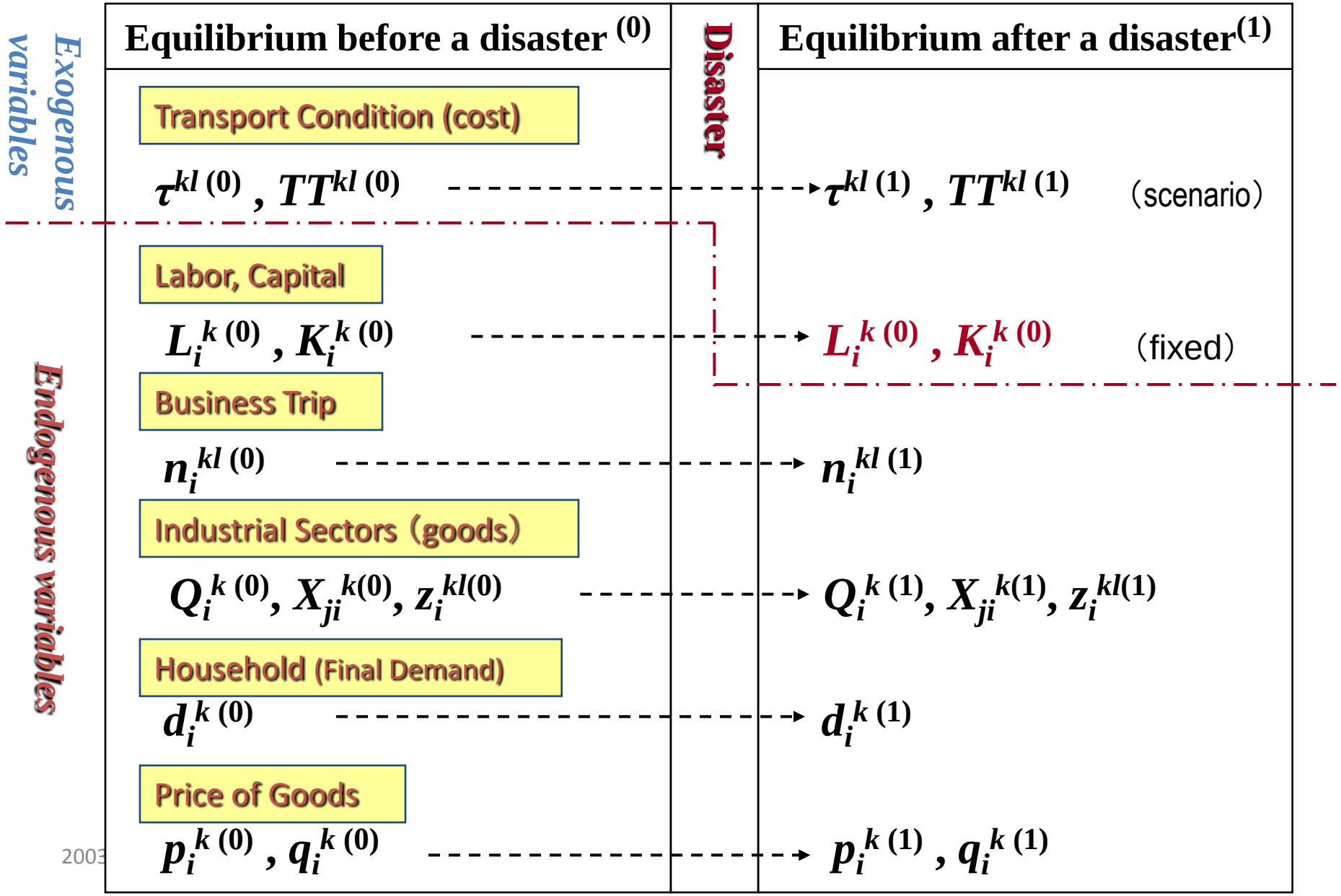
Lower level:

$$c_{Ti}^k = \min \sum_{l=1}^{N} \tau^{kl} n^{kl}$$

$$\text{subject to} \quad \kappa_i^k = \prod_{l=1}^{N} \left(n^{kl}\right)^{\delta_n^{kl}}$$

京都大学防災研究所
総合防災研究部門 多々納裕一

Exogenous and Endogenous Variables



Impedance Factor and Transit Time

Model for Interregional Flow of Commodity

$$s_i^{kl} = \frac{Q_i^k \exp\left\{-p_i^k \psi_i^{kl}\right\}}{\sum_m Q_i^m \exp\left\{-p_i^m \psi_i^{kl}\right\}}$$

s : Trade Coefficient
Q: Total supply of commodity
p : Prices of commodity

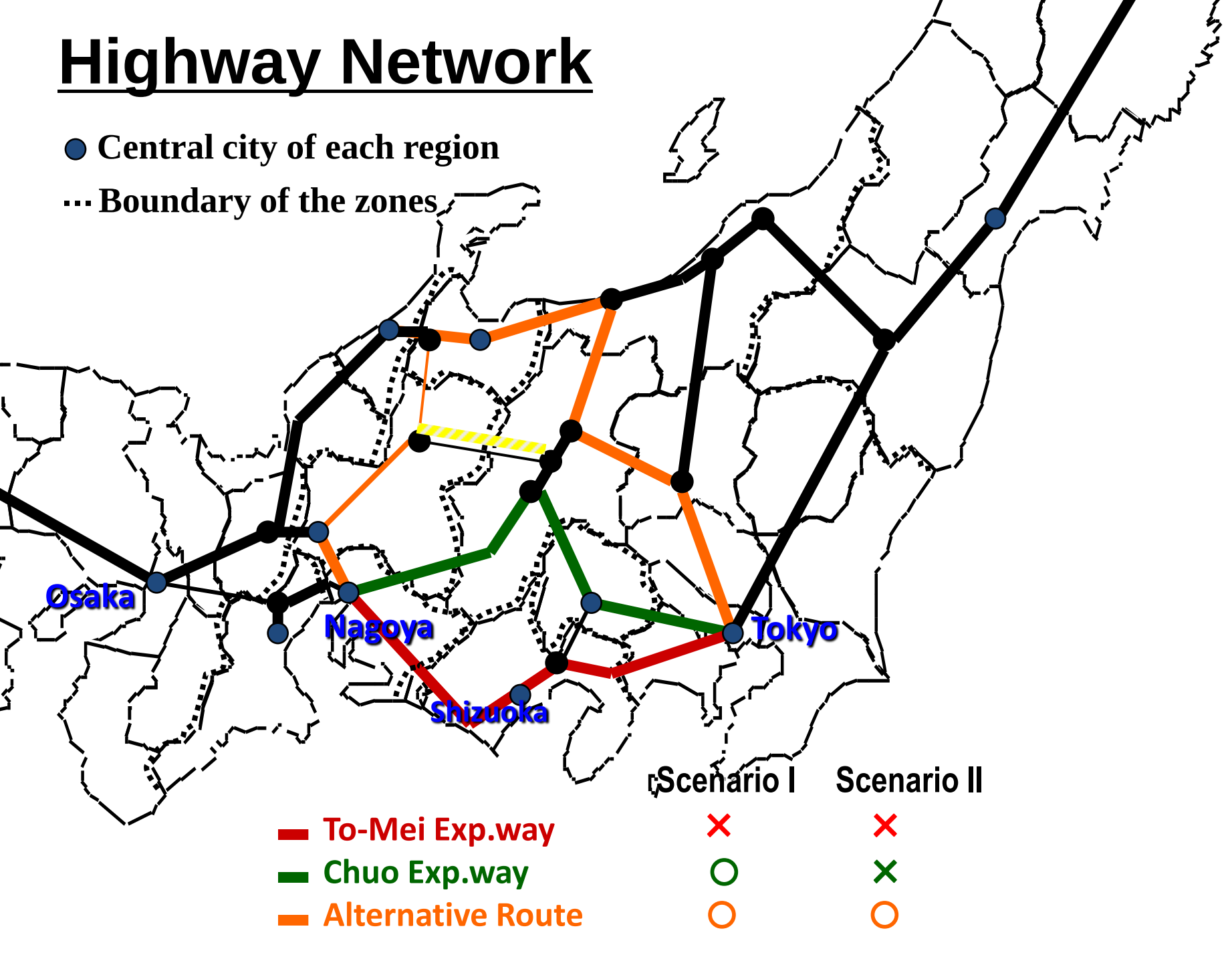
$$E\left[\psi_i^{kl}\right] = \eta_{0i} + \eta_{1i} TT^{kl}$$

terminal cost

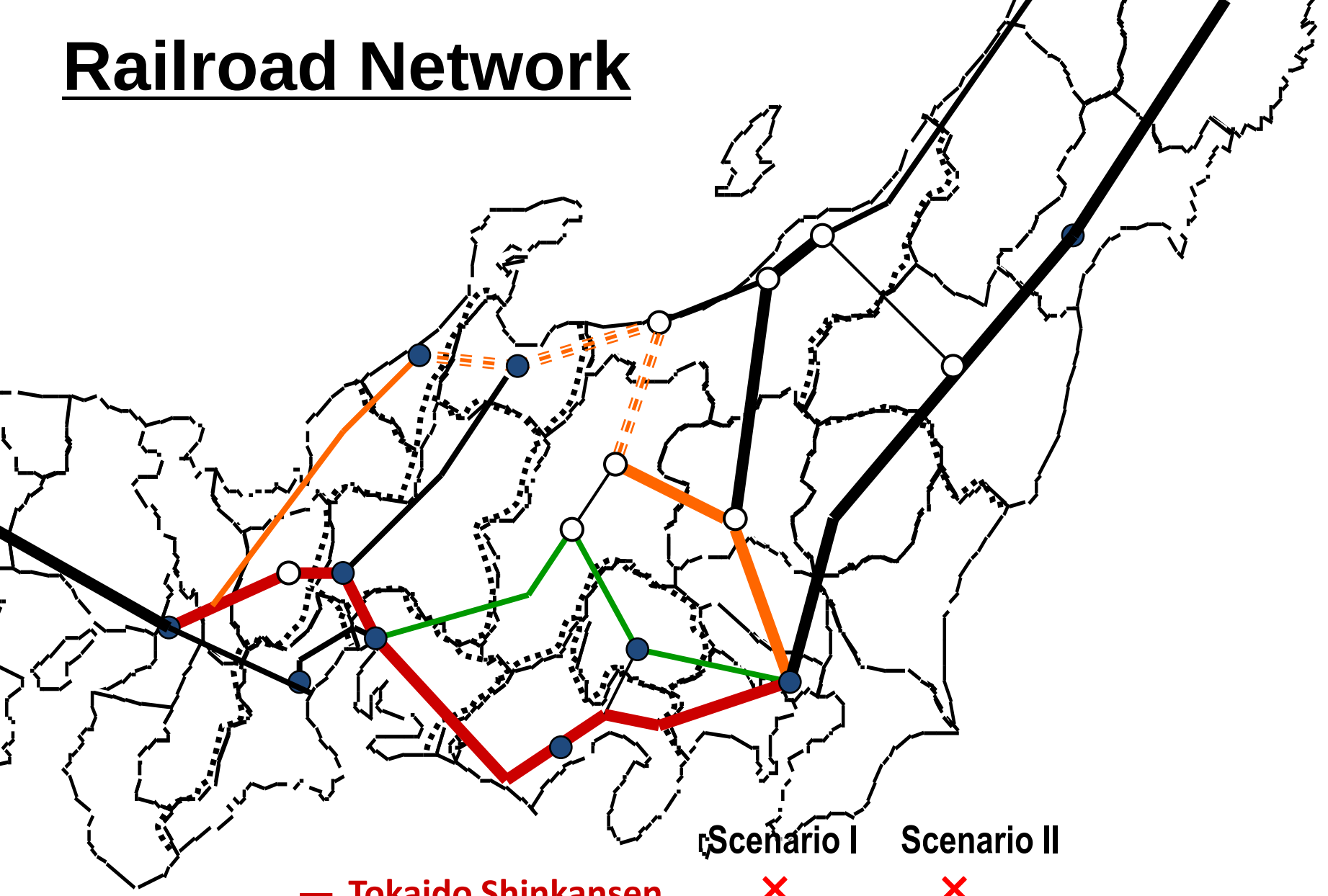
TT : Transit time of Commodity (set from timetable of highway network)

Industrial sector	eta0 (P-value)	eta1 (P-value)
Agriculture	4.785 (0.000)	0.055 (0.492)
Manufacturing	2.826 (0.000)	0.108 (0.000)
Services	3.698 (0.000)	0.114 (0.000)

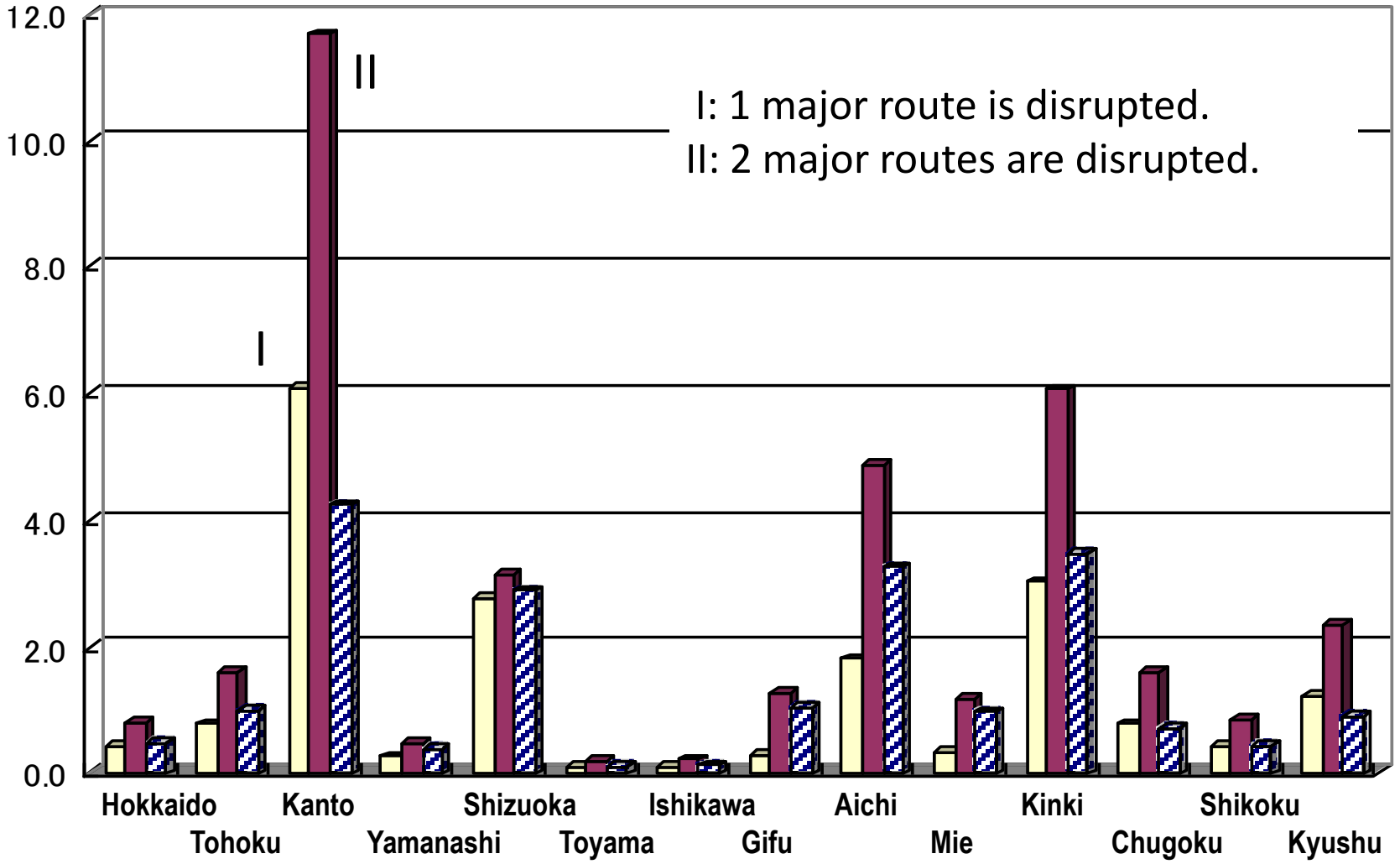
Highway Network



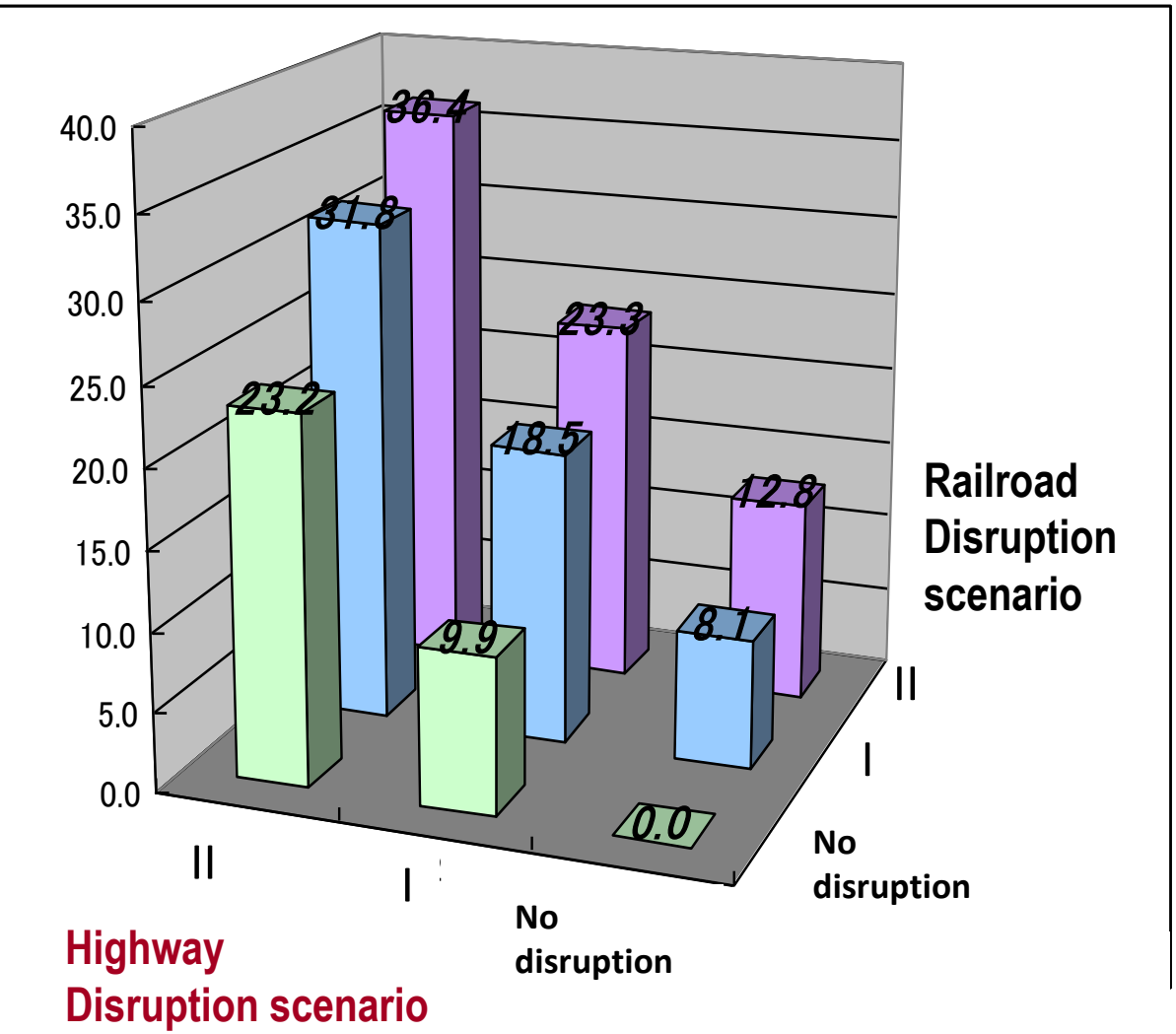
Railroad Network



Transport-related Losses: Results



The Losses by Transportation Mode



e.g. in scenario I, II,

18.5 > 9.9 + 8.1

36.4 > 23.2 + 12.8

In the same way,

23.3 > 9.9 + 12.8

31.8 > 23.2 + 8.1

Suggestions

- Availability of alternative route is critical factor to reduce economic impact.
- Increasing redundancy may have a significant contribution to reduce economic impact of disruption of trunk lines.

Non structural measures

- Preparedness to increase resiliency of communities
- Risk Communication could be a central role.
- How to enter community?
  - Participatory risk mapping has been introduced in Mumbai could be a good tool to enter a community.
  - Other tools:
    - Making action plans for better evacuation plan,
    - Rain water harvesting and measurement of rain.

Rowan's CAUSE(1995)

Rowan (1995) explores a variety of issues specifically related to risk communication research and provides suggestions for risk communicators.

- Establish **C**redibility
- Create **A**wareness of the risk and its management alternatives
- Enhance **U**nderstanding of the risk complexities
- Strive for **S**atisfaction/agreement on resolving the issue
- Provide strategies for **E**nactment or moving to action

Flood Risk Communication System (Proposed)

* System Requirements:

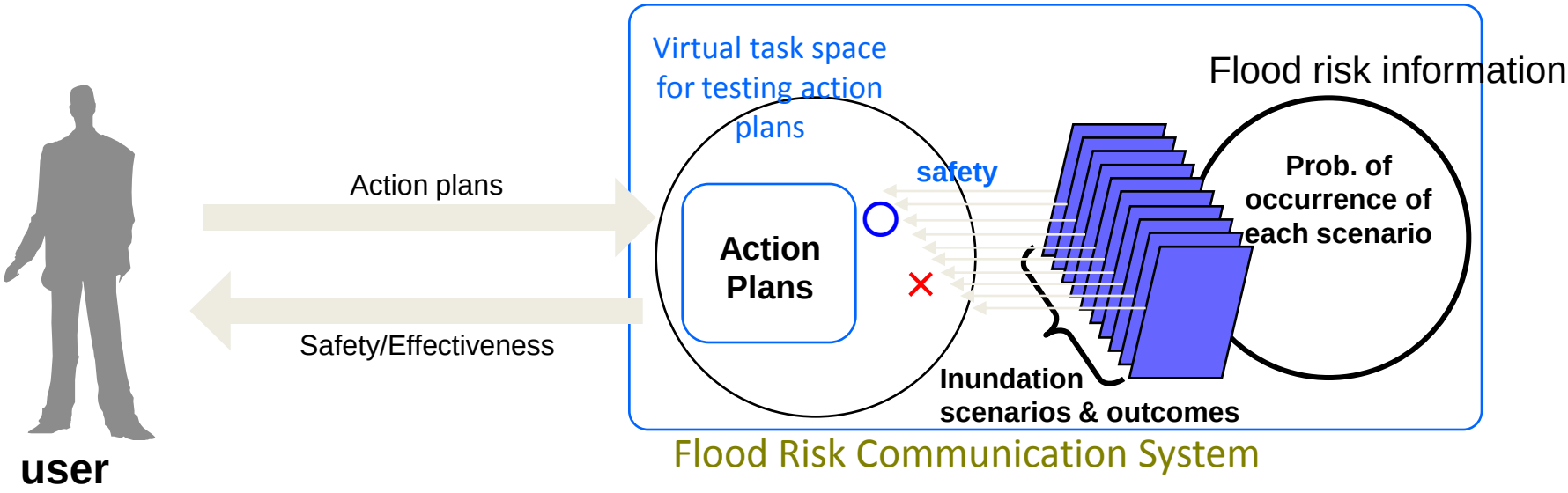
1. Various flood scenarios and consequences:

Flood risk＝probability × consequences

→ Outputs derived by a inundation model for various scenarios

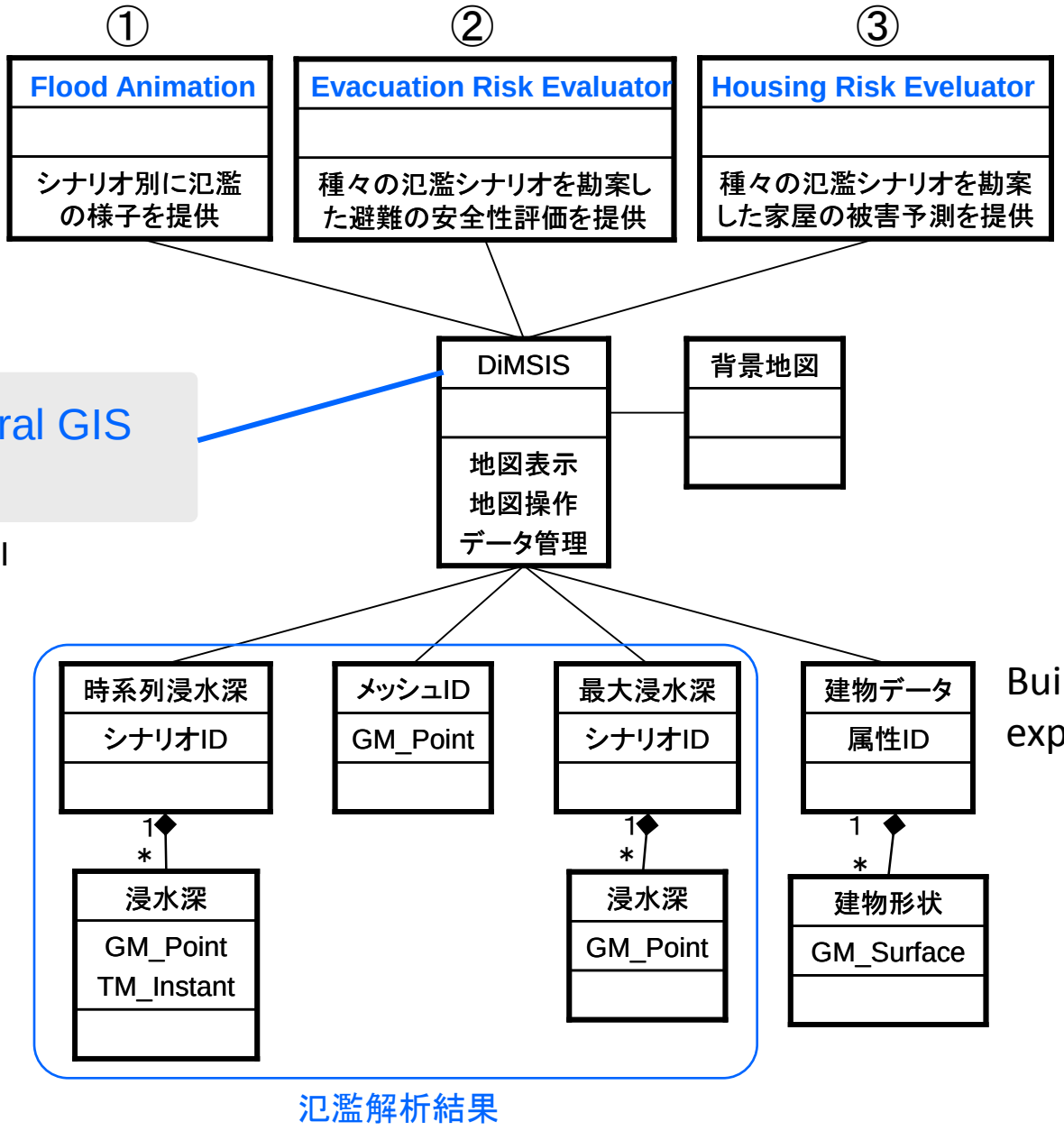
2. Assistance of making their own action plans and evaluate their consequences

→ Virtual task space for testing action plans



(Credibility), Awareness, Understanding, Satisfaction, (Enactment) ← Virtual experience of evacuation

Outline of the system



Spatial Temporal GIS
DiMSIS

Developed in DPRI

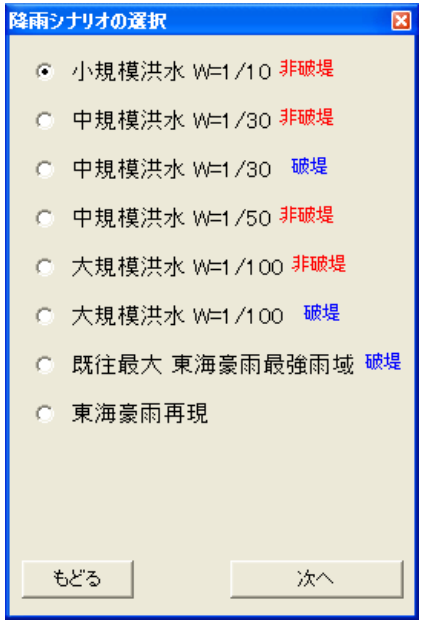
Output of inundation simulation for various flood scenario

Building exposure

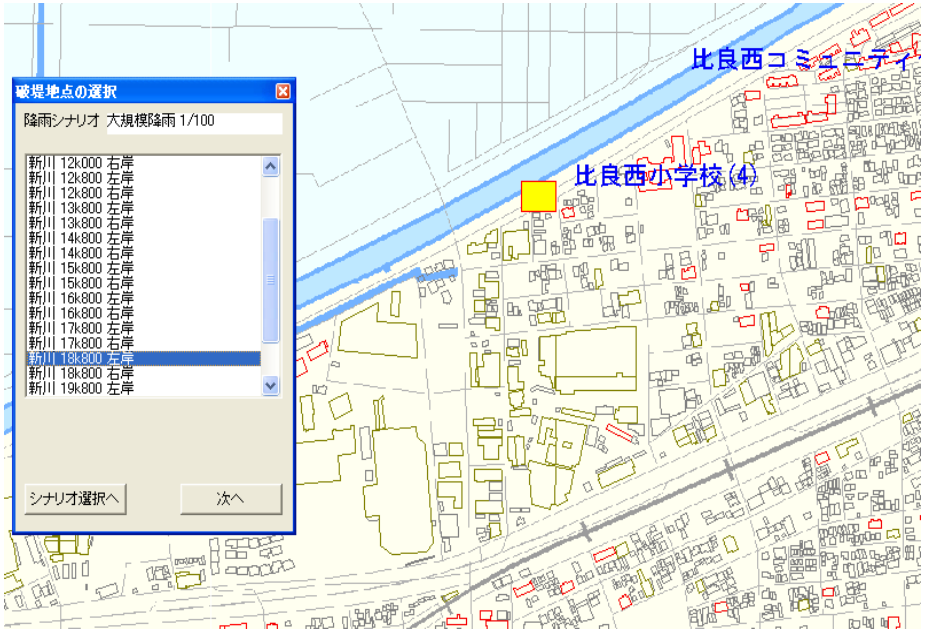
Flood Animation Module

- 50m mesh
- Hazards:
  - Sinkawa river's dike break and overtopping
  - inundation from small rivers and sewage systems
- Total Scenario: 68 cases
  - Precipitation pappterns:1/10, 1/30, 1/50, 1/100, Tokai Rain fall (Largest in the past)
  - Dike break points are assumed to be at every 200m in the both side of the Shinklawa river.

①Flood Animation Module

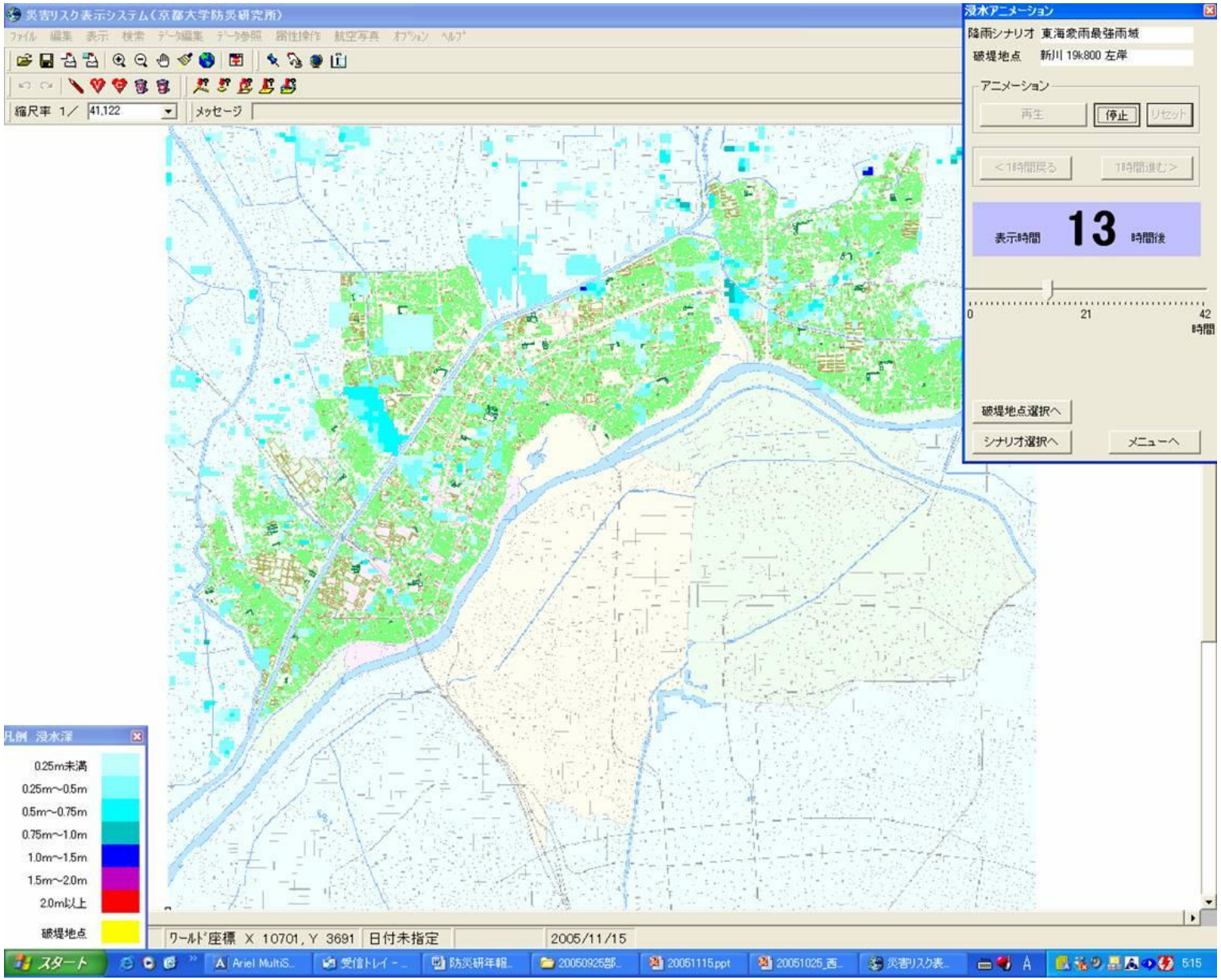


Choose a Return Period of the Event

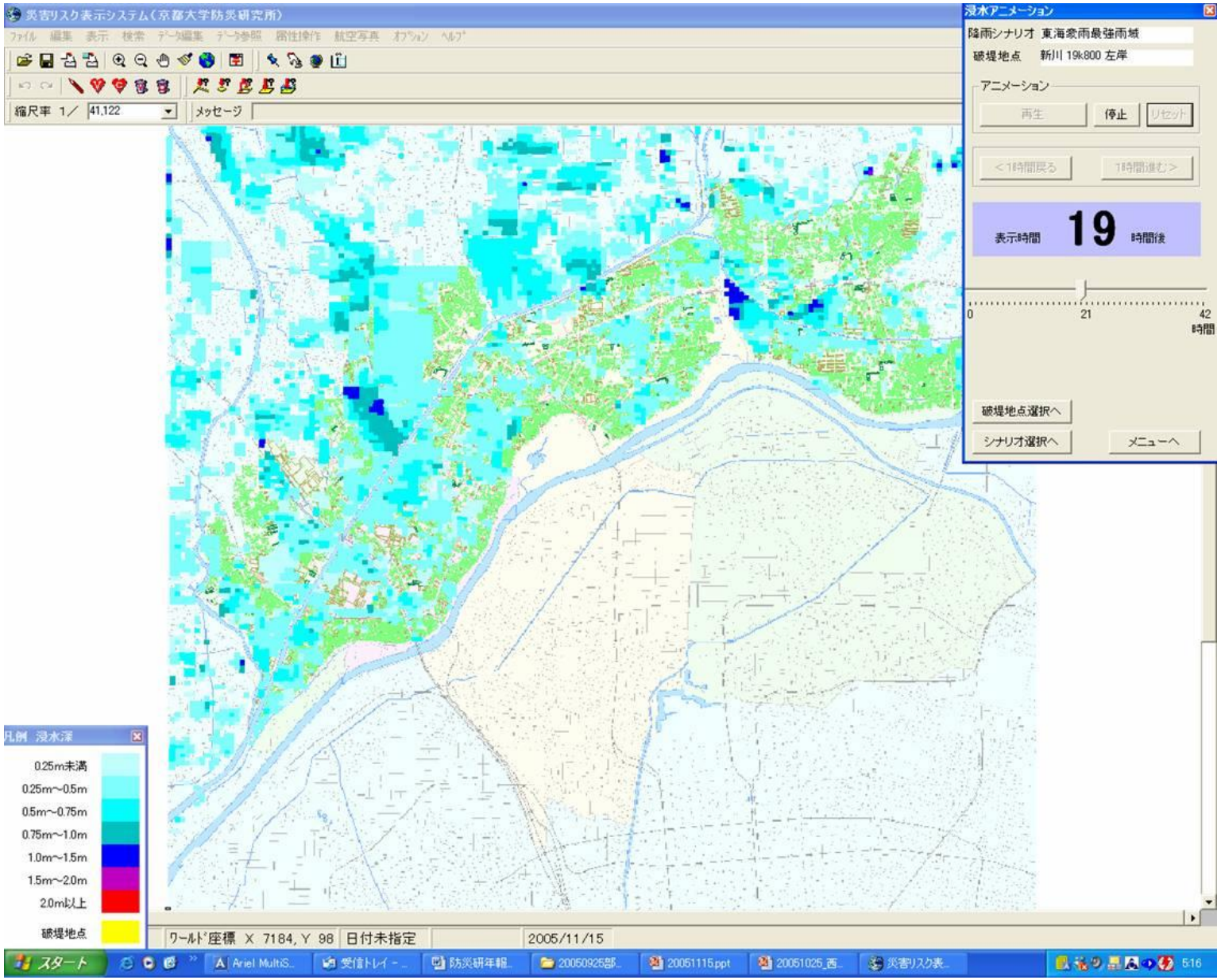


Choose a Dyke Break Point

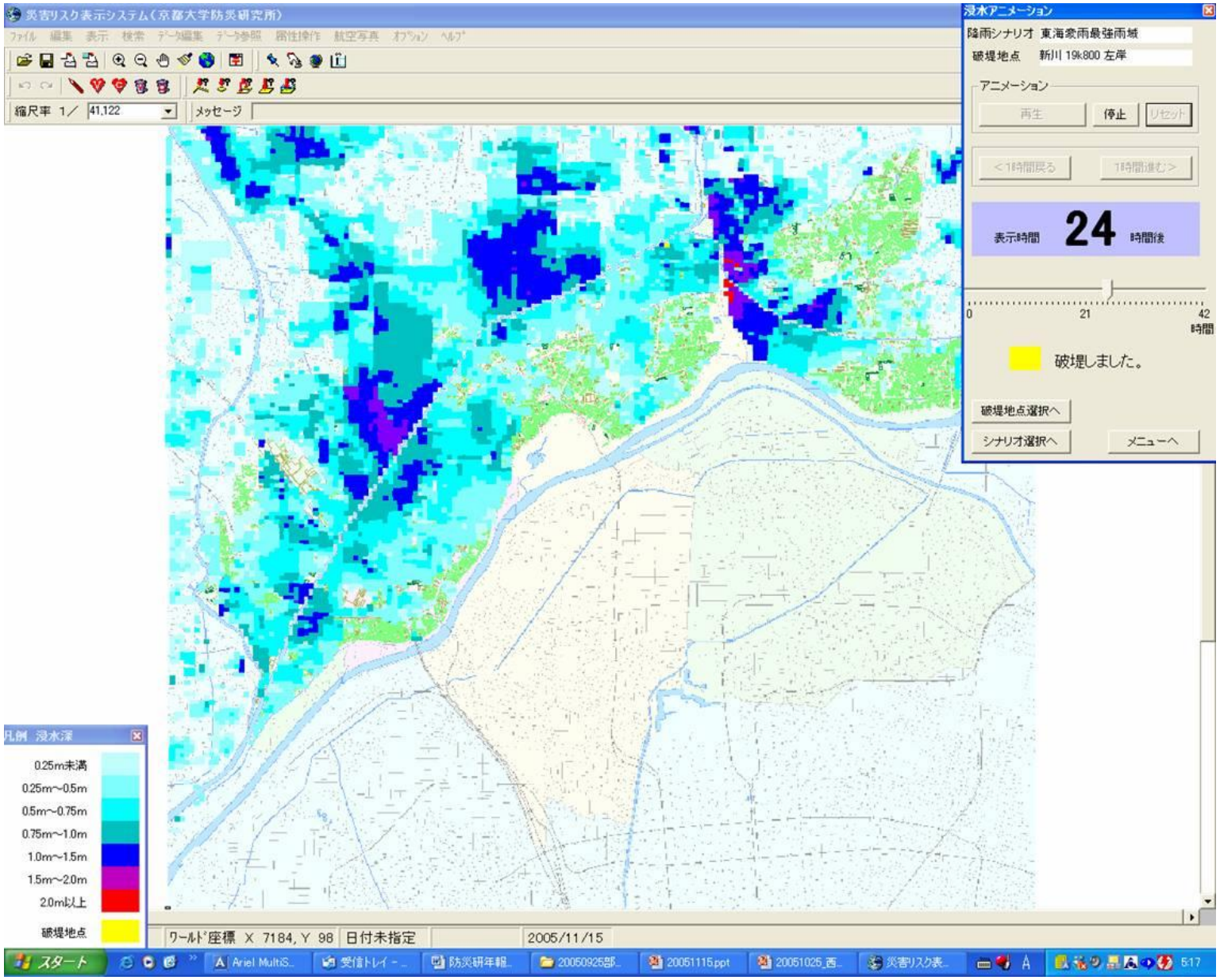
①Flood Animation Module



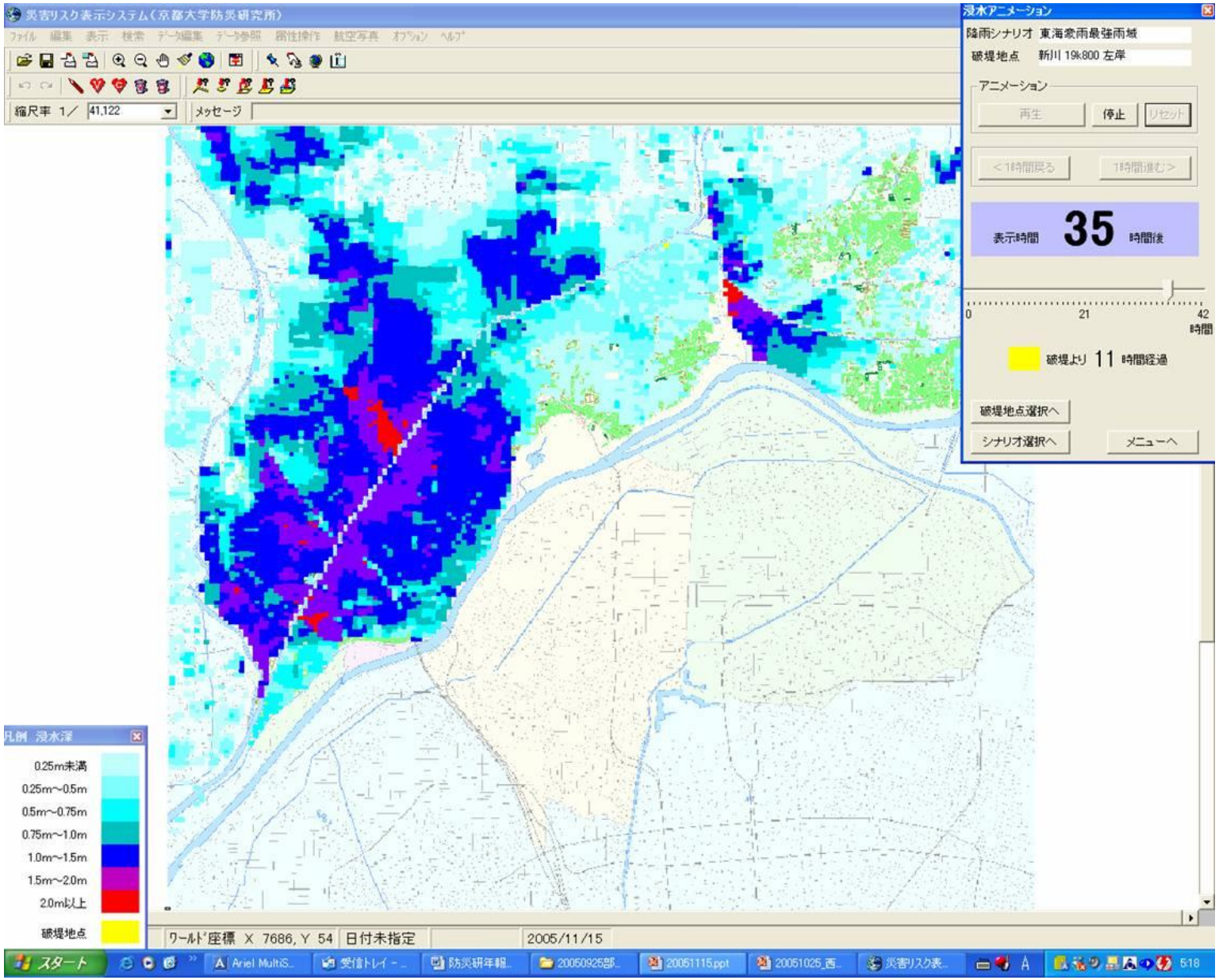
①Flood Animation Module



①Flood Animation Module



①Flood Animation Module



②Evacuation Plan Evaluation Module

Evacuation Shelter

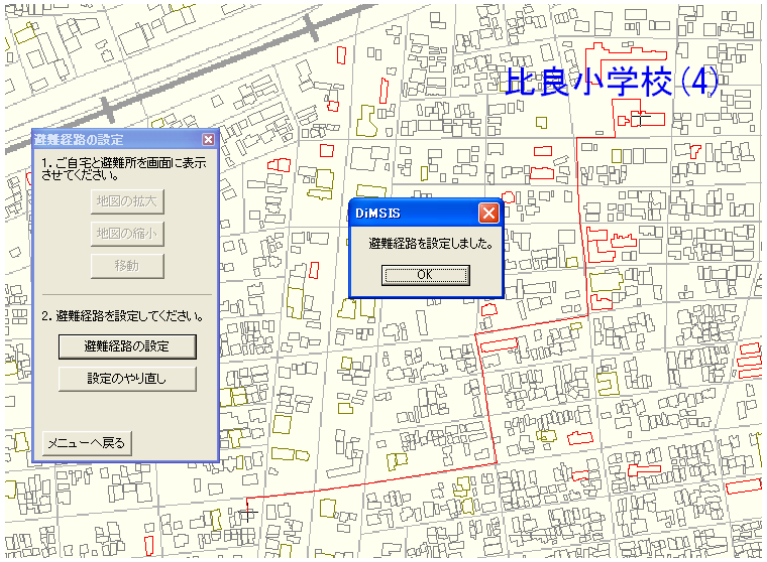
Official Shelter
Alternative Shelter
(Buildings more
Than 5m high)
Other Places

Route

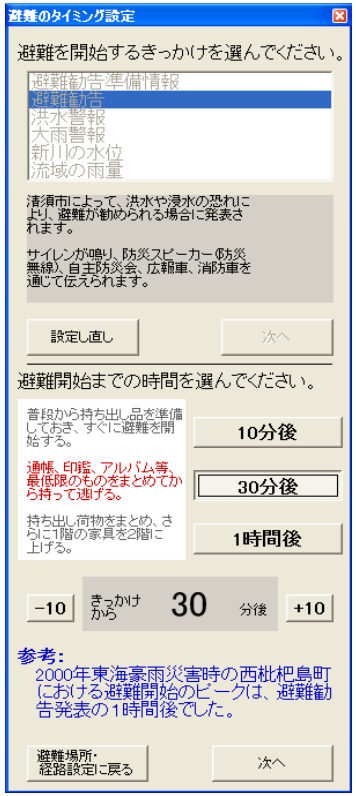
can be chosen
arbitrary.

Trigger information

Evacuation Order
Flood Prediction
River Water Levels
Rainfalls



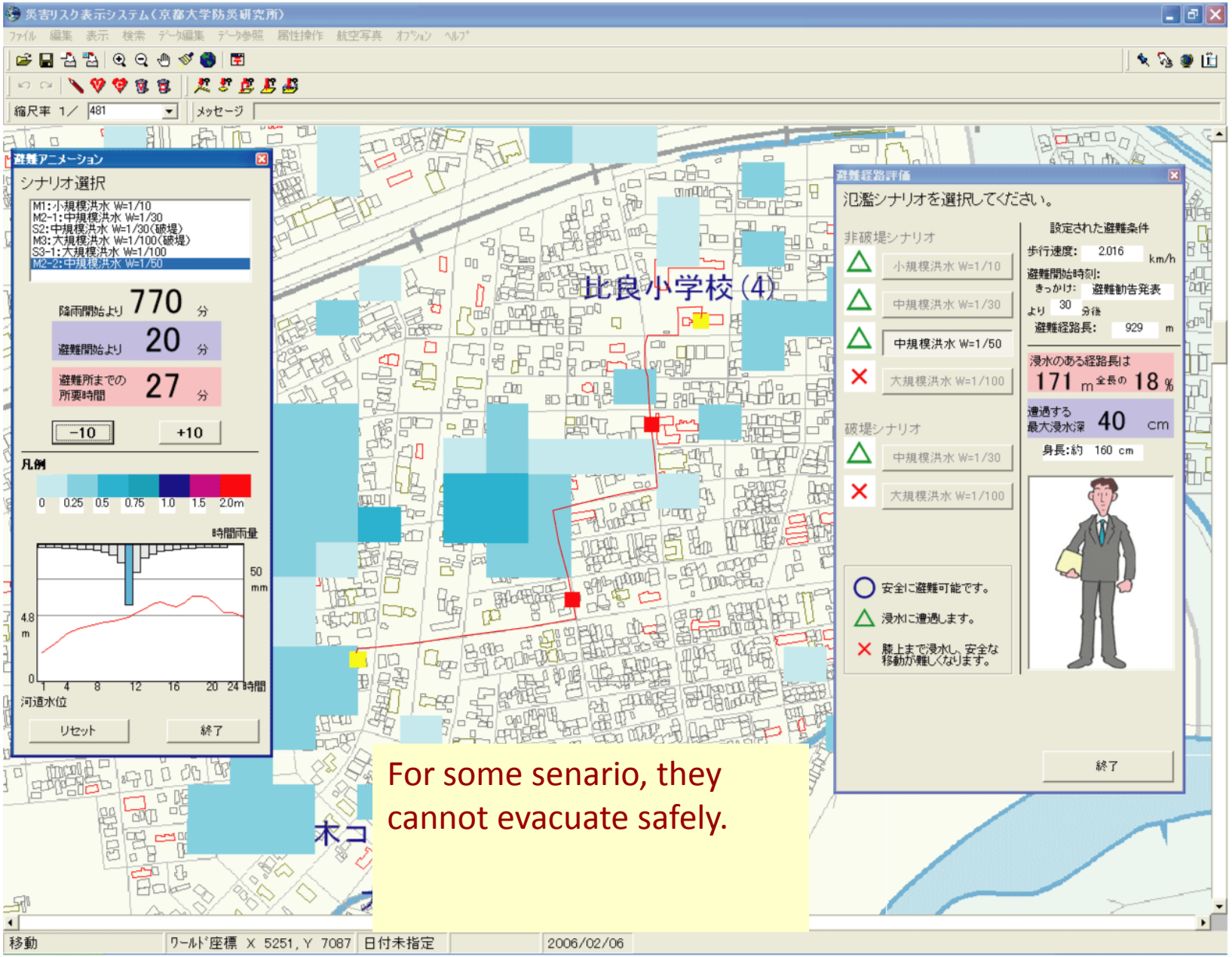
Route and Shelter selection



Personal Data Input

choice based on their own Flood Mental Model

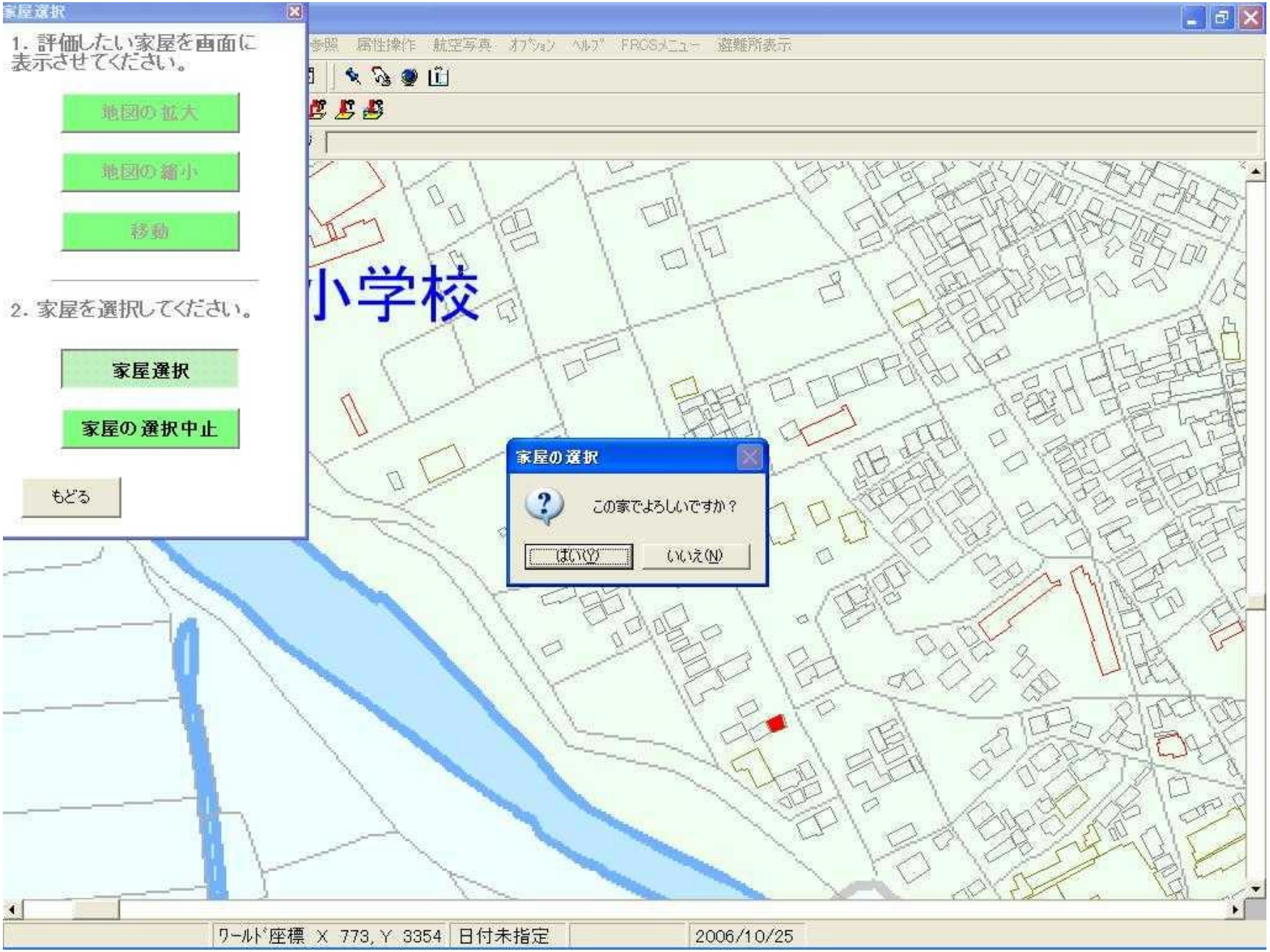
②Evacuation Plan Evaluation Module



Risk Mapping Module

- Risk Curves (EP curve) is shown for each houses
- Individual actions can be tested, e.g., furniture locations and flood insurance

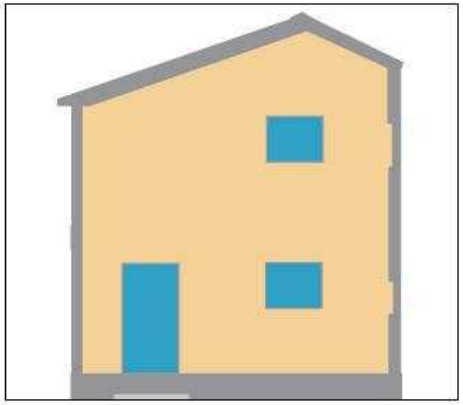
- Hint:
  - Let participants know that furniture replacement is not very effective.
  - Let them understand that flood insurance can help reducing in event furniture replacement.


家屋選択
1. 評価したい家屋を画面に表示させてください。
地図の拡大
地図の縮小
移動
2. 家屋を選択してください。
家屋選択
家屋の選択中止
もどる
参照
属性操作
航空写真
オプション
ヘルプ
FROSメニュー
避難所表示
小学校
家屋の選択
この家でよろしいですか？
はい(Y)
いいえ(N)
ワールド座標 X 773, Y 3354
日付未指定
2006/10/25

家屋・家財の被害予測 入力1

ご自宅の階数を選んでください。

平屋建て　2階建て



1階に対する2階の面積の割合を
選んでください。

50%　75%　100%

家屋選択へもどる　次へ

ﾜｰﾙﾄﾞ座標 X 773, Y 3354　日付未指定　2006/10/25

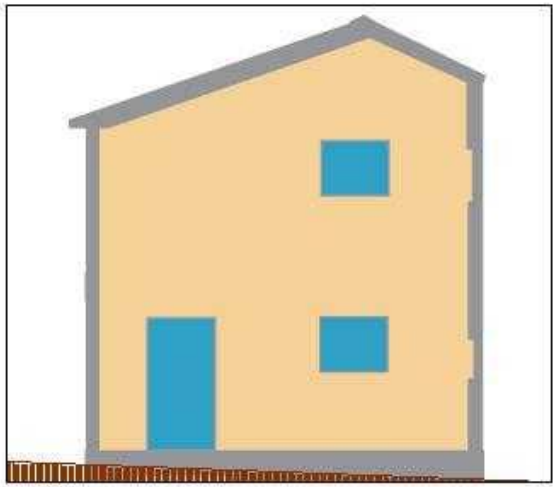
家屋・家財の被害予測 入力2

ご自宅の立地を選んでください。

ほぼ水平

若干勾配がある

傾斜地



家屋設定へもどる

次へ

ﾜｰﾙﾄﾞ座標 X 773, Y 3354 | 日付未指定 | 2006/10/25

家屋・家財の被害予測 入力3

2階にある家財を選んでください。

大型テレビ | ビデオカメラ | パソコンセット | 洋服タンス | 和タンス

主に洋服を収納　主に和服を収納

2階の家財をリセット

1階にある家財を選んでください。

大型テレビ | ビデオカメラ | パソコンセット | 洋服タンス | 和タンス

1階の家財をリセット

家屋断面図

立地選択へもどる

次へ

ﾜｰﾙﾄﾞ座標 X 773, Y 3354　日付未指定　2006/10/25

家屋・家財の被害予測 入力3

2階にある家財を選んでください。

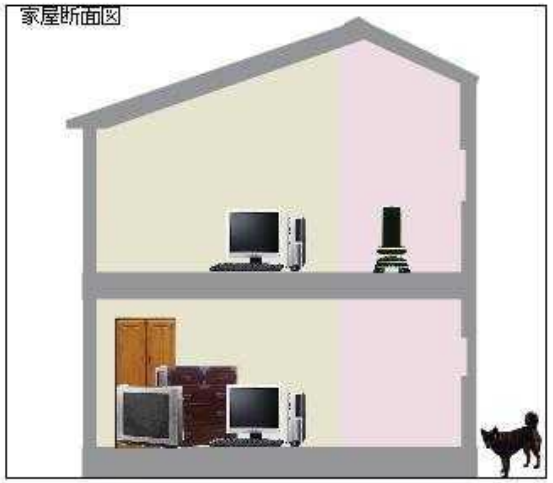
通帳/保険証 | 写真/アルバム | お位牌 | ペット

2階の家財をリセット

1階にある家財を選んでください。

通帳/保険証 | 写真/アルバム | お位牌 | ペット

1階の家財をリセット



家財配置へもどる

次へ

ﾜｰﾙﾄﾞ座標 X 773, Y 3354 | 日付未指定 | 2006/10/25

家屋・家財の被害予測 入力4

ご家族の構成を選んでください。

夫婦と子供 | 60歳以上の夫婦 | 三世代家族 | その他

世帯の年収を選んでください。

300万円未満 | 300～500万円 | 500～1000万円 | 1000万円以上

家財配置へもどる　　次へ

ﾜｰﾙﾄﾞ座標 X 773, Y 3354　日付未指定　2006/10/25

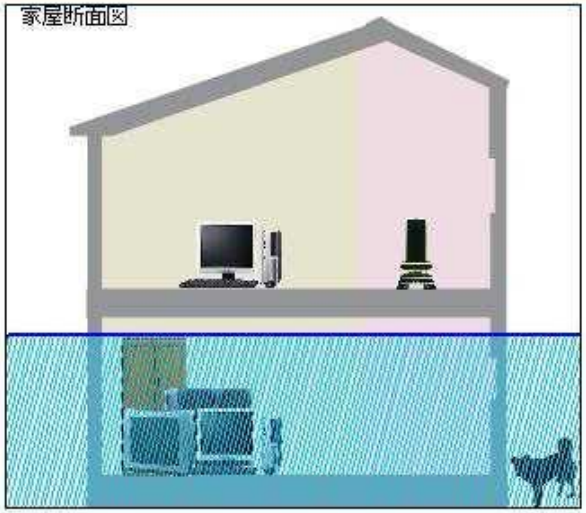
家屋・家財の被害予測 出力

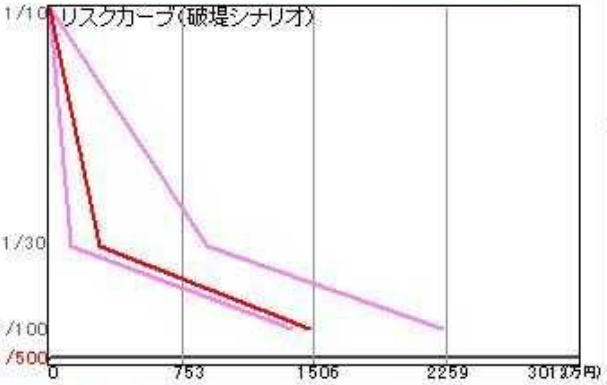
水災シナリオを選んでください。

非破堤シナリオ		浸水深
小規模洪水 1/10		0m
中規模洪水 1/30		0.23m
中規模洪水 1/50		0.34m
大規模洪水 1/100		1.14m
破堤シナリオ		
中規模洪水 1/30	最小	0.23m
	平均	0.34m
	最大	0.89m
大規模洪水 1/100	最小	1.34m
	平均	1.49m
	最大	2.04m
東海豪雨 最強雨域	最小	0.97m
	平均	1.56m
	最大	2.07m
実績		
東海豪雨再現		1.07m

算出条件: 家屋資産額 2188 万円
家財資産額 823 万円

家屋断面図





被害額

合計 2236 万円

(家屋 1490 万円 家財 745 万円)

期待被害額

非破堤シナリオ	26 万円	破堤シナリオ	最小	32 万円
			平均	43 万円
			最大	88 万円

事前対策を試行することができます。

家財の配置を見直す

保険に加入する

その他の家財について考える

家屋選択のやり直し

機能終了

ワールド座標 X 773, Y 3354 | 日付未指定 | 2006/10/25

家屋・家財の被害予測 出力

水災シナリオを選んでください。

非破堤シナリオ　浸水深

小規模洪水 1/10　0m

中規模洪水 1/30　0.23m

中規模洪水 1/50　0.34m

大規模洪水 1/100　1.14m

破堤シナリオ

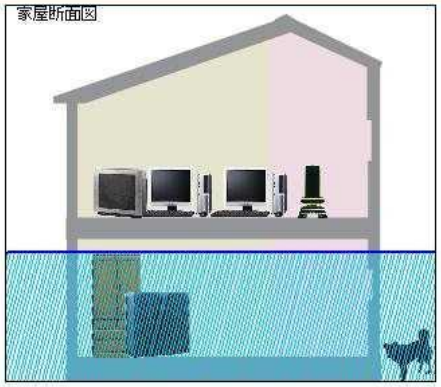
中規模洪水 1/30	最小	0.23m
	平均	0.34m
	最大	0.89m
大規模洪水 1/100	最小	1.34m
	平均	1.49m
	最大	2.04m
東海豪雨 最強雨域	最小	0.97m
	平均	1.56m
	最大	2.07m

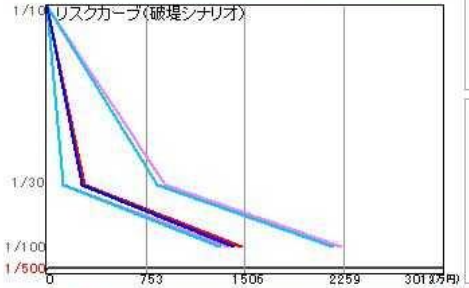
実績

東海豪雨再現　1.07m

算出条件：家屋資産額　2188 万円
家財資産額　823 万円

家屋断面図





被害額

合計 2236 万円

（家屋 1490 万円　家財 745 万円）

期待被害額

非破堤シナリオ 26 万円

破堤シナリオ　最小 32 万円　平均 43 万円　最大 88 万円

事前対策を試行することができます。

家財配置の見直し

1階		2階
洋服タンス 和タンス	→	パソコンセット 大型テレビ パソコンセット
	←	

リセット　対策の中止

保険に加入する

その他の家財について考える

事前対策適用後被害額 合計 2178 万円

家屋	1490	万円
家財	687	万円

事前対策による効果 58 万円

家屋	0	万円
家財	58	万円

期待被害額

非破堤シナリオ 25 万円

破堤シナリオ　最小 31 万円　平均 42 万円　最大 84 万円

家屋選択のやり直し　機能終了

ﾜｰﾙﾄﾞ座標 X 773, Y 3354　日付未指定　2006/10/25

家屋・家財の被害予測 出力

水災シナリオを選んでください。

非破堤シナリオ		浸水深
小規模洪水 1/10		0m
中規模洪水 1/30		0.23m
中規模洪水 1/50		0.34m
大規模洪水 1/100		1.14m

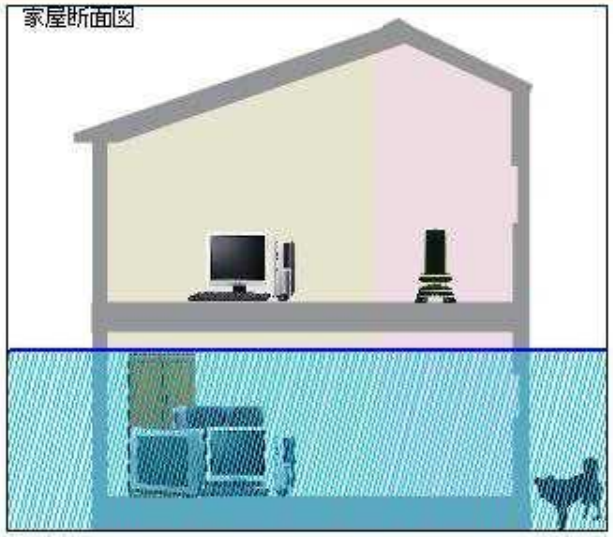
破堤シナリオ		浸水深
中規模洪水 1/30	最小	0.23m
	平均	0.34m
	最大	0.89m
大規模洪水 1/100	最小	1.34m
	平均	1.49m
	最大	2.04m
東海豪雨 最強雨域	最小	0.97m
	平均	1.56m
	最大	2.07m

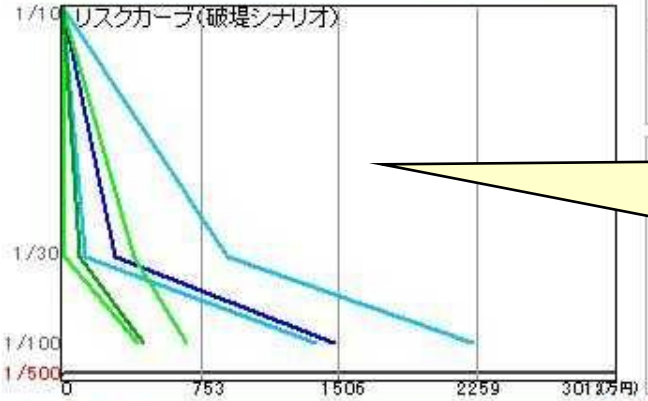
実績

東海豪雨再現 1.07m

算出条件: 家屋資産額 2188 万円
家財資産額 823 万円

家屋断面図





被害額

合計 2236 万円

(家屋 1490 万円 家財 745 万円)

期待被害額

非破堤シナリオ	26 万円	破堤シナリオ	最小	32 万円
			平均	43 万円
			最大	88 万円

事前対策を試行することができます。

家財配置の見直し

1階		2階
大型テレビ パソコンセット 洋服タンス 和タンス	→ / ←	パソコンセット

リセット　対策の中止

保険への加入

	担保金額入力		資産額
家屋	2188 万円	全額担保(家屋)	2188 万円
家財	823 万円	全額担保(家財)	823 万円

リセット　対策の中止

Risk curves corresponding to the different status of insurance and furniture locations

事前対策適用後 被害額 合計 671 万円

家屋	447 万円
家財	224 万円

事前対策による効果 1564 万円

家屋	1043 万円
家財	521 万円

期待被害額

非破堤シナリオ	6 万円	破堤シナリオ	最小	9 万円
			平均	13 万円
			最大	31 万円

家屋選択のやり直し　機能終了

家屋・家財の被害予測 出力

水災シナリオを選んでください。

非破堤シナリオ	浸水深
小規模洪水 1/10	0m
中規模洪水 1/30	0.23m
中規模洪水 1/50	0.34m
大規模洪水 1/100	1.14m

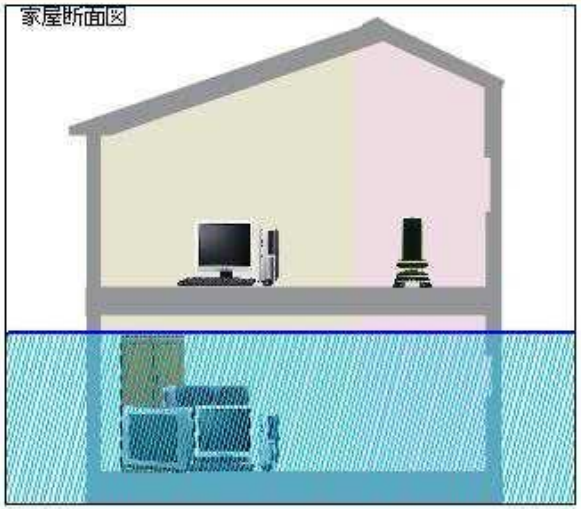
破堤シナリオ		
中規模洪水 1/30	最小	0.23m
	平均	0.34m
	最大	0.89m
大規模洪水 1/100	最小	1.34m
	平均	1.49m
	最大	2.04m
東海豪雨 最強雨域	最小	0.97m
	平均	1.56m
	最大	2.07m

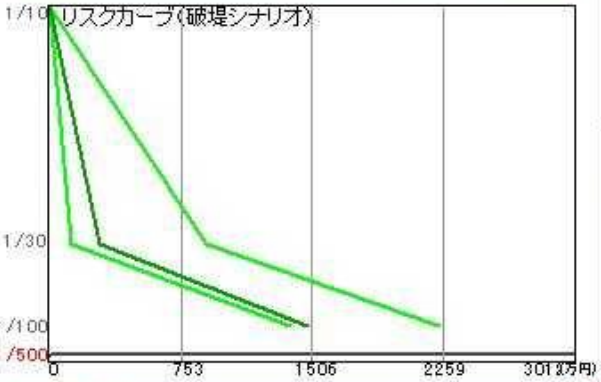
実績

東海豪雨再現 1.07m

算出条件: 家屋資産額 2188 万円
家財資産額 823 万円

家屋断面図





被害額

合計 2236 万円

(家屋 1490 万円 家財 745 万円)

期待被害額

非破堤シナリオ 26 万円

破堤シナリオ 最小 32 万円 / 平均 43 万円 / 最大 88 万円

事前対策を試行することができます。

家財配置の見直し

1階		2階
大型テレビ パソコンセット 洋服タンス 和タンス	→ / ←	パソコンセット

リセット　対策の中止

保険への加入

	担保金額入力		資産額
家屋	0万円	全額担保(家屋)	2188万円
家財	0万円	全額担保(家財)	823万円

リセット　対策の中止

その他の家財

ペット
お位牌

避難時に持ち出す
2Fへ上げる

リセット　対策の中止

事前対策適用後被害額 合計 2236 万円

家屋	1490 万円		
家財	745 万円		

期待被害額

非破堤シナリオ 26 万円

破堤シナリオ 最小 32 万円 / 平均 43 万円 / 最大 88 万円

事前対策による効果 0 万円

家屋	0 万円
家財	0 万円

期待被害額

非破堤シナリオ 26 万円

破堤シナリオ 最小 32 万円 / 平均 43 万円 / 最大 88 万円

家屋選択のやり直し　機能終了

ワールド座標 X 773, Y 3354　日付未指定　2006/10/25

Workshops

Group A

PC × 2

Small groups
2 to 5 people
participants : 21

Group B

PC+LCD projector

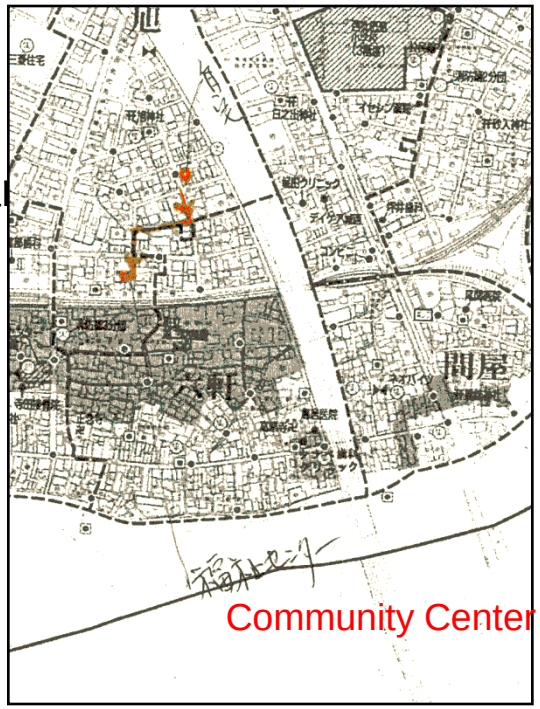
participants : 13

Group B

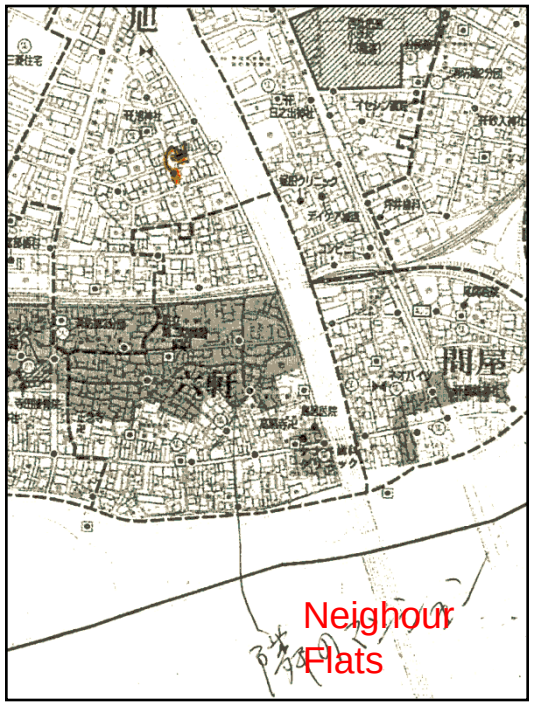
Before Warning Information
for evacuate is provided,
Rout to reach the official shelter
Is not available for the most of scenar

Half of Participants changes the shelter location and new self evacuation plans after using the system

被験者が描いた避難行動計画一例



Before



After

The workshop which using the FRC support system helps citizens to obtain more appropriate self-evacuation plan.

Example: Workshop A

Shelter specified by Gov. :
Toei elementary school

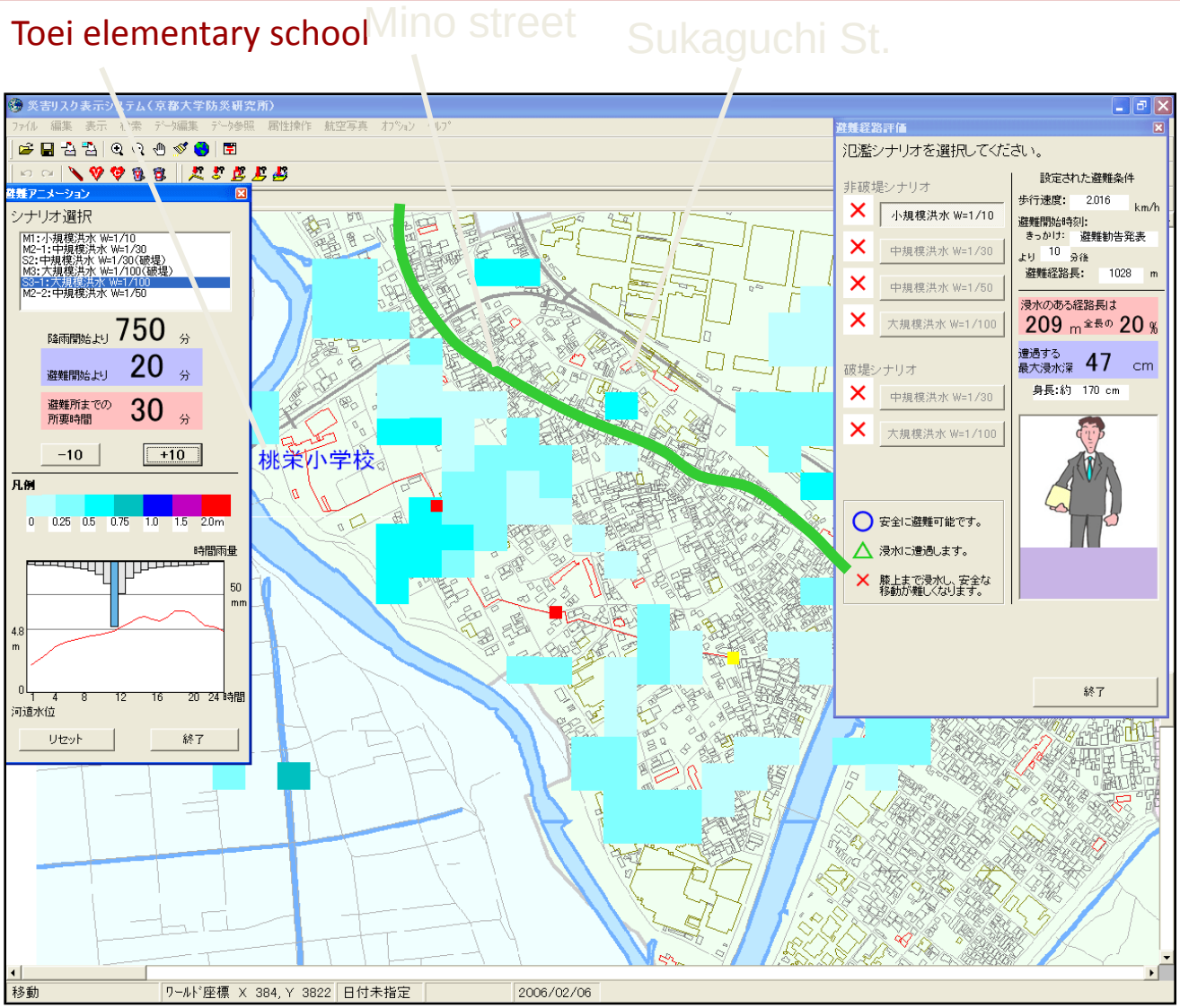
After evacuation order issues, surrounding paths are all inundated

Words of participants:

Go to Mino street!

Shelter should be along the Mino street.

Sukaguchi station will be one possibility for the shelter



Promising alternatives of action was found by the participants

Proposed RCS is a promising tools for promoting flood risk communication among citizens

Summary

- Tool: Personal Evacuation Planning Map
- Spatial Temporal GIS based flood risk communication system is developed.
- The system aims at enhancing risk communication among citizens.
- The workshop using the system was found effective.

Toward sustainable CBDM

- Management process: Plan Do Check Action
- Check is a process to make their activity to be recognized by members and ideally others.
  - Festival? (Presentation or Competition)

- Social recognition is fuel of CBDM.

Phase 2: Working with people